

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Využití metod vícekritériálního
rozhodování při realizaci projektu**

Using Multi-Criteria Decision Making
Methods in Project Implementation

Student:

Ing. Vojtěch Kasper

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Ing. Vojtěch Kasper**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2301R040 Průmyslové inženýrství**
Téma: **Využití metod vícekritériálního rozhodování při realizaci projektu
Using Multi-Criteria Decision Making Methods in Project
Implementation**

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.
2. Analýza současného stavu, vyhodnocení analýzy, identifikace problémů, specifikace požadavků s ohledem na řešenou problematiku.
3. Posouzení navržených variant pomocí metod vícekritériálního rozhodování.
4. Výběr optimální varianty a posouzení dosažených výsledků.
5. Celkové zhodnocení přínosu práce.

Seznam doporučené odborné literatury:


FOTR, J., ŠVECOVÁ, L., DĚDINA, J., HRŮZOVÁ, H., RICHTER, J. *Manažerské rozhodování: postupy, metody, nástroje*. 1. vyd. Praha: Ekopress, s.r.o., 2006. 409 s. ISBN 80-86929-15-9.
ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. 1. vyd. Ostrava: Fakulta strojní VŠB – TUO, 2012. 223 s. ISBN 978-80-248-2775-9.
WISNIEWSKI, Mik. *Metody manažerského rozhodování*. 1. vyd. Přeložil Václav DOLANSKÝ. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-089-9.
PAVEL, Jan. *Veřejné zakázky a efektivnost*. 1. vyd. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-87865-04-0.
Zákon č.134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek. Ve znění pozdějších předpisů.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**

Datum zadání: **08.12.2017**

Datum odevzdání: **21.05.2018**


Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21.5. 2018.



.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 Školní dílo),
- беру на вѣдомі, że Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21.5. 2018.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Ing. Vojtěch Kasper

Adresa trvalého pobytu autora práce: Hnojník 368, Hnojník 739 53

ANOTACE BAKLÁŘSKÉ PRÁCE

KASPER, V. *Využití metod vícekritériálního rozhodování při realizaci projektu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 51 s. Vedoucí práce: Šajdlerová, I.

Bakalářská práce se zabývá použitím metod vícekritériální analýzy k posouzení vhodnosti investice. V úvodní části jsou definovány jednotlivé metody, které poslouží jako teoretické východisko pro jejich použití. Následuje výběr vhodného souboru kritérií a stanovení vah těchto kritérií. Posledním krokem je využití metod vícekritériální analýzy. Cílem této bakalářské práce je analyzovat realizované rozhodnutí na nákup strojního zařízení pomocí vícekritériálních metod a posoudit, zda rozhodnutí bylo správné.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KASPER, V. *Using Multi-Criteria Decision Making Methods in Project Implementation: Bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018, 51 p. Thesis head: Šajdlerová, I.

Bachelor thesis is about utilization of multi-criteria analysis method for assessment appropriateness of investment. Introduction of the thesis defines individual methods which are used as a theoretical solution for their use. Next part deals about appropriate set of criteria and their weights. Last part is about utilization of multi-criteria analysis method. Main purpose of the bachelor thesis is to analyse the decision to purchase machinery equipment according to multi-criteria methods, and also to assessment the correctness of the decision.

Obsah

Seznam použitých symbolů a značek	8
Úvod	9
1 Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.	10
1.1 Základní pojmy	10
1.2 Kritéria	12
1.2.1 Požadavky na kritéria	13
1.2.2 Metody přímého stanovení vah kritérií	15
1.2.3 Metody založené na párovém srovnání	16
1.3 Metody vícekritériálního hodnocení variant	19
1.3.1 Metoda váženého pořadí.....	20
1.3.2 Metoda přímého stanovení dílčích ohodnocení.....	20
1.3.3 Metoda bazická.....	21
1.4 Vyvažování rotoru.....	21
1.4.1 Druhy nevyváženosti.....	23
2 Analýza současného stavu.....	25
2.1 Představení společnosti.....	25
2.2 Rozhodovací situace	26
2.3 Kritéria	26
2.4 Varianty	28
2.3.1 Varianta A	29
2.3.2 Varianta B.....	30
2.3.3 Varianta C.....	31
2.3.4 Přehled variant.....	32
3 Vícekritériální analýza	33
3.1 Stanovení koeficientů významnosti	33
3.2 Hodnocení variant pomocí bazické metody.....	34
3.2.1 Výpočet bazické varianty	34

3.2.2	Porovnání jednotlivých variant s bazickou variantou	36
3.2.3	Stanovení relativní užitečnosti	37
3.3	Hodnocení variant pomocí metody vážených dílčích pořadí.....	38
3.3.1	Stanovení dílčích pořadí	38
3.3.2	Zohlednění koeficientů významnosti	39
3.3.3	Stanovení konečného pořadí variant	39
4	Výběr optimální varianty a posouzení dosažených výsledků	41
4.1	Posouzení dosažených výsledků bazické metody.....	42
4.2	Posouzení dosažených výsledků metody vážených dílčích pořadí.....	42
4.3	Analýza úspory nákladů.....	43
5	Celkové zhodnocení přínosu práce a závěr	44
	Seznam použité literatury	45
	Seznam příloh.....	46

Seznam použitých symbolů a značek

Značka	Popis	Jednotka
f_i	Počet preferencí i-tého kritéria	-
H^j	Celkové ohodnocení (hodnota) j-té varianty	-
h_i^j	Dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu	-
m	Počet variant	-
n	Počet kritérií hodnocení	-
NPV	Net Present Value (Čistá současná hodnota)	-
v_i	Váha i-tého kritéria	-
x_i^j	Hodnota i-tého kritéria u j-té varianty	-
x_i^b	Hodnota i-tého kritéria u bazické varianty	-

Úvod

V současné době Česká republika zažívá jeden z největších ekonomických rozmachů za posledních pět let. Meziroční růst ekonomiky se za rok 2017 blížil hranici pěti procent a nic nenasvědčuje tomu, že by tento nastolený trend měl výrazně poklesnout. Tento fakt se rovněž odráží na prosperitě podnikatelského prostředí. Poptávka roste a společnosti často nejsou schopny vyhovět všem potencionálním zákazníkům. Dochází k přepĺňování kapacit, posouvání termínů a k využívání kooperací, které umožňují vykrytí poptávky. Konečným řešením v této fázi většinou bývá nákup nového stroje, který umožní rozšíření kapacit.

Samotnému nákupu však předchází složitý proces rozhodování, který mnohdy zabere několik měsíců v závislosti na velikosti investice. Na kvalitu rozhodnutí je kladen velký důraz, proto je tato činnost svěřována odborníkům, kteří disponují potřebnými znalostmi i dovednostmi k uskutečnění tohoto rozhodnutí.

Cílem této bakalářské práce bude posoudit realizované rozhodnutí na nákup zařízení pomocí využití metod vícekritériální analýzy. Výsledky této analýzy pak budou porovnány se skutečným rozhodnutím.

1 Obecná charakteristika řešené problematiky.

Základní pojmy.

V úvodní kapitole této práce bude nejprve třeba definovat teoretická východiska, která budou v dalších částech použita a s nimi související základní pojmy. Důležitým bodům a pojmům pak bude věnována pozornost v jednotlivých kapitolách.

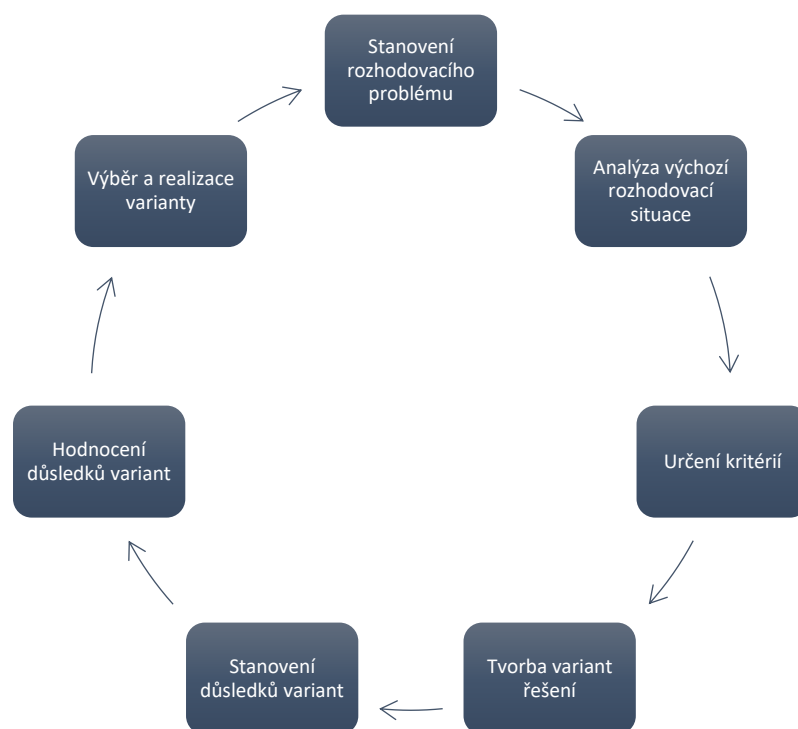
1.1 Základní pojmy

Většině pojmů, které budou zmíněny, se v různých literaturách zabývají celé obsáhlé kapitoly a vydaly by informaci pro sepsání samostatných publikací. Proto jsou následující kapitoly spíše rešerší řešené problematiky.

Jeden z hlavních pojmů, který bude v celé práci neustále zmiňován, je **rozhodovací proces**. Rozhodovacím procesem se rozumí řešení určitého problému, který má několik variant řešení. Rozhodnutí by mělo vést k výběru optimální varianty. Členění rozhodovacího procesu na jednotlivé kroky je celá řada, jedno z podrobnějších vypadá takto:

1. Stanovení rozhodovacího problému.
2. Analýza výchozí rozhodovací situace.
3. Určení kritérií pro hodnocení variant.
4. Tvorba variant řešení.
5. Stanovení důsledků jednotlivých variant.
6. Hodnocení těchto důsledků v závislosti na kritériích.
7. Výběr a realizace varianty.

Počet kroků i jejich formulace se mění s jednotlivými autory, kteří se rozhodovacímu procesu věnují. V praxi mnohdy bývá celý proces zjednodušený, jelikož některé fáze není potřeba realizovat. To bude i případ této práce, kdy v praktické části nebude třeba dodržet tento postup, jelikož si to charakter rozhodovacího problému nevyžaduje. Z jednotlivých kroků lze vydedukovat, že rozhodovací proces nabývá spíše cyklického charakteru, jak je znázorněno na obrázku č. 1.1 [2] [6]



Obrázek č. 1.1 – Schéma rozhodovacího procesu [2]

Dalším hojně se vyskytujícím pojmem bude **varianta**. Někdy se používá spojení varianta řešení, či varianta rozhodování ale význam se nemění. Variantami se rozumí různé prvky, které má smysl vzájemně porovnávat. Variantou řešení může být také způsob jednání rozhodovatele, který vede k vyřešení problému. Podle charakteru řešeného problému mohou být varianty už předem definovány. V opačném případě dochází k využití některé z metod tvorby variant. Lze rozlišit dvě základní skupiny metod pro tvorbu variant, přičemž z každé bude uvedeno několik zástupců. První skupinou jsou tzv. intuitivní neboli **kreativní metody tvorby variant**:

- Brainstorming
- Brainwriting
- Gordonova metoda
- Diskuse „66“ (66 - šestičlenný tým řeší šest minut zadaný problém)

Druhou skupinou jsou **vědecké analytické metody** (někdy také označovány jako systematicko-analytické). Už z názvu vyplývá, že tyto metody budou využívat trochu jiných principů a na zpracování jsou náročnější. Zástupci této skupiny jsou např.:

- morfologická analýza,
- rozhodovací stromy,
- metoda dimenzování,
- metoda analogie.

Rozhodovatelem se rozumí subjekt, který vybírá variantu zvolenou k realizaci neboli rozhoduje. Rozhodovatel může být buďto jednotlivec (individuální rozhodování) nebo skupina lidí (kolektivní rozhodování). [1] [2]

Z hlediska celé práce je důležitý pojem **kritérium**. Vzhledem k jeho postavení v celém rozhodovacím procesu mu bude vyčleněna samostatná kapitola, ve které bude podrobněji analyzován. Ve zmíněné kapitole bude rovněž definován další důležitý pojem a to **cíl řešení**. Je to především z důvodu, že oba tyto pojmy spolu úzce souvisí.

Závěrem této kapitoly je nutné definovat pojem **vyvažování**, resp. vyvažovací stroje. Vyvažování je v kontextu této práce myšleno ve vztahu k vyvažování rotorů. Nevyváženost rotoru, lze definovat jako nerovnoměrné rozdělení hmoty a má podstatný vliv na jeho kvalitu, životnost a bezpečnost. Vyvažovacími stroji se pak označují mechanické stroje, které umožňují vyvážení rotorů. Stejně jako je tomu u pojmu kritérium, i zde bude tomuto termínu vyhrazena celá podkapitola.

1.2 Kritéria

Obecně jsou tak označována hlediska, která rozhodovatel vybral jako nejvhodnější k posouzení konkrétních variant. Jednotlivá kritéria bývají obvykle odvozeny ze stanovených **cílů** řešení a posuzují prospěšnost variant. [1] [4]

Cílem se chápe nějaký konečný stav, kterého se má postupným řešením dosáhnout. Řešení nebývá zpravidla zaměřeno pouze na dosažení jediného cíle ale na splnění celé řady dílčích cílů, mezi kterými mohou vzniknout vazby. Nejčastěji mezi nimi může docházet ke vzniku **komplementarity** (vzájemného doplnění se) a **konfliktnosti**. Cíle by rovněž měly být vhodně formulovány. Obecně je lze vyjádřit **číselně** (kvantitativně) nebo **slovně** (kvalitativně). Z hlediska napojení na podnikovou ekonomiku bývají cíle rozhodovacích problémů úzce propojeny s cíli firmy. [2] [6]

Kritéria lze stejně jako cíle rozdělit na **kvantitativní** a **kvalitativní**. Výhodou kvantitativních kritérií je bezesporu jejich jednoznačnost a snadná měřitelnost. Typickým

kvantitativním kritériem mohou být různé ukazatele (zisk, úspora, rentabilita, NPV, atd.). Oproti tomu kvantitativní kritéria bývají mnohdy komplexnější a mají širší náplň (vnímání firmy, kritéria sociálně ekonomické povahy, atd.). Z hlediska toho, zda určitá hodnota kritéria bude mít pozitivní či negativní dopad je nutné je rozlišit na:

- **kritéria výnosového typu**, kde jsou vyšší hodnoty preferovány před nižšími (typickým představitelem této skupiny je zisk),
- **kritéria nákladového typu**, jejichž vyšší hodnoty mají negativní dopad, a proto je u nich upřednostňován nižší rozsah (už z názvu plyne, že typickým zástupcem jsou různé druhy nákladů). [2] [6]

Lze se setkat ještě se třetí skupinou kritérií, která je však pouze kombinací výše zmíněných.

1.2.1 Požadavky na kritéria

Aby se zvýšila kvalita, se kterou se budou posuzovat jednotlivé varianty, je vhodné dodržovat celou řadu zásad a požadavků. Níže zmíněné požadavky by měly zaručit, že kritéria budou v další fázi rozhodovacího procesu použitelná. Jedná se o tyto specifické požadavky:

- úplnost,
- operacionalita,
- neredundance,
- minimální rozsah,
- nezávislost.

Úplnost

Dodržení tohoto požadavku není jednoduché. Varianty mají často dopady i v oblastech, které s řešeným problémem nemusí přímo souviset, a proto by soubor kritérií měl být takový, aby bylo možné posoudit všechny přímé i nepřímé důsledky variant. Jednou z možností, jak tohoto stavu dosáhnout, je využití expertů, při specifikaci kritérií, z oblastí, kterých se řešená problematika týká. [2] [6]

Operacionalita

Každé kritérium musí být zřetelně definované a mít jednoznačný smysl. Účelem je eliminace případného špatného výkladu nebo jakéhokoliv nesprávného použití kritéria,

plynoucí z jeho nesrozumitelnosti. Důležitost tohoto požadavku roste, pokud se na rozhodovacím procesu podílí více subjektů. [2] [6]

Operacionalita kritérií úzce souvisí s jejich měřitelností, proto bývá snadněji dosažena u kvantitativních kritérií, kde bývají přesně stanovené hodnoty a postupy k jejich stanovení. Jasnější vymezení kritérií vede ke snazší měřitelnosti a naopak. Oproti tomu u kvalitativních kritérií lze při tomto požadavku narazit na problém. Jak už bylo řečeno v kapitole 1.2, kvalitativní kritéria bývají komplexního charakteru a jejich jednoznačné pojetí může být komplikované. Častou pomocí u této skupiny bývá rozložení kvalitativního kritéria na dílčí kritéria, která už lze číselně vyjádřit. [2] [6]

Neredundance

Zjednodušeně se dá říct, že neredundance souboru kritérií je snaha o zamezení použití duplicitních kritérií. V případě, že dochází k překrývání kritérií, stačí i pouze částečnému, je tento soubor redundantní. V takových případech daný aspekt vstupuje do celého procesu dvakrát a nabývá tak dvojnásobnou váhu, oproti ostatním kritériím. Specifickým případem může být situace, kdy kritérium širší povahy obsahuje v sobě dílčí kritéria. Na tento požadavek je nutné klást zvýšenou pozornost, jelikož bývá častou chybou, kterou se dopouští rozhodovatelé. Pravděpodobnost výskytu tohoto nedostatku roste u rozsáhlejších souborů kritérií. Častým doporučením pro vyvarování se duplicitních kritérií je provedení testu redundance. Tento test umožňuje stanovení výše vzájemného překrývání a tím i případnou potřebu změny souboru kritérií. [2] [6]

Minimální rozsah

Tímto požadavkem je myšleno, že soubor kritérií by měl být co možná nejmenší, avšak redukce jejich počtu by neměla být na úkor výše zmíněných požadavků. Důvodem je značné zjednodušení při pozdějších fázích, zejména u hodnocení a výběru závěrečné varianty. Optimálního rozsahu lze dosáhnout například shlukováním většího počtu kritérií do jednoho celku nebo jejich vyloučením, pokud se důsledky variant vztažené k těmto kritériím liší pouze minimálně. [2]

Nezávislost

Posledním požadavkem na soubor kritérií, který bude zmíněn, je nezávislost. Tím je myšleno, že jednotlivá kritéria by mezi sebou neměla mít příliš úzké vazby. Tento požadavek bývá obtížně dosažitelný při hodnocení ekonomických dopadů, jelikož většina kritérií tohoto typu má mezi sebou určitou závislost. [2]

1.2.2 Metody přímého stanovení vah kritérií

U podstatné většiny metod vícekritériálního rozhodování je nutné na začátku stanovit váhy kritérií, nebo někdy označovány též jako **koeficienty významnosti**. Jedná se o numerické vyjádření jejich důležitosti z hlediska stanovených cílů rozhodovacího procesu. Kritériím, která mají pro rozhodovatele větší význam, jsou na základě určitých metod přiřazeny vyšší váhy, oproti tomu méně významná kritéria mají váhu menší. Postupem času se vyvinula celá řada metod, sloužících pro stanovení koeficientů významnosti lišící se především svou složitostí. Mezi metody přímého stanovení vah kritérií patří například:

- bodová stupnice,
- alokace 100 bodů,
- dle preferenčního pořadí.

Bodová stupnice

Stejně jako to bude u zbylých dvou metod z této skupiny, dochází zde k přímému posouzení významnosti kritérií. Podstatou bodové stupnice je přiřazení určitého počtu bodů jednotlivým kritériím, podle toho jakou významnost danému kritériu rozhodovatel přisuzuje. Rozpětí bodové stupnice je volitelné a závisí zejména na rozdílu významnosti jednotlivých kritérií. Ověřeným postupem bývá stanovit nejméně a nejvíce významné kritérium a na základě toho určit rozpětí. Stupnice s vyšší rozlišovací schopností mají zpravidla větší rozpětí. [1] [2] [6]

Alokace 100 bodů

Principiálně podobná jako bodová stupnice je i metoda alokace 100 bodů. Rozhodovatel disponuje sta body a jeho úkolem je rozdělit je mezi jednotlivá kritéria v závislosti na jejich významnosti. Důležité je, aby bylo vyčerpáno přesně zmiňovaných sto bodů. Váha jednotlivých kritérií je pak určena počtem přidělených bodů. Komplikace může nastat při větším počtu kritérií, kdy je potřeba pečlivě volit množství přidělených bodů. [1] [2]

Dle preferenčního pořadí

Tato metoda se skládá ze tří kroků. Prvním krokem je **uspořádání kritérií** podle jejich významnosti. U toho kroku lze využít dvě metody, které budou později nastíněny:

- přímé uspořádání,
- etapové uspořádání.

Následuje **stanovení vah** kritérií, kde dochází k porovnání jednotlivých kritérií s nejméně významným kritériem. Závěrečnou fází je **normování vah**. [2]

Jak už bylo zmíněno, jedním z postupů pro stanovení pořadí kritérií je **přímé uspořádání**. Rozhodovatel určuje pořadí od nejvýznamnějšího až po nejméně významné kritérium přímo. První místo zaujímá kritérium pro rozhodovatele nejvýznamnější a naopak poslední místo je prisouzeno kritériu nejméně významnému. Princip je velmi jednoduchý, avšak problém může nastat u většího souboru, kdy je třeba současně posoudit význam všech kritérií. [2]

Nevýhodu předchozího postupu do určité míry eliminuje postup **etapového uspořádání**. Počet etap, ve kterých bude uspořádání probíhat je přímo závislý na počtu kritérií. Podstatou je stanovení nejvýznamnějšího a nejméně významného kritéria ze souboru. Tyto dvě kritéria se vypustí a celý postup se opakuje se zmenšeným souborem kritérií. Na základě toho, ve které etapě byla kritéria vyloučena, se pak sestavuje konečné pořadí (kritéria vyloučena v první etapě zaujmou první a poslední místo). [2]

Ve druhém kroku, metody preferenčního pořadí, se určuje, kolikrát má předposlední kritérium ze stanoveného pořadí větší význam, než to poslední. Tento postup se opakuje pro všechna ostatní kritéria, dokud se postupně nezjistí, kolikrát je nejvýznamnější kritérium ve vztahu ke kritériu poslednímu. Výsledkem tohoto porovnávání jsou nenormované váhy, které se pak přepočítají na váhy normované.

1.2.3 Metody založené na párovém srovnání

Stejně jako u minulé skupiny i tyto metody nevyžadují znalost dopadů jednotlivých variant. Principem je zjištění preferenčních vztahů v páru kritérií. Detailněji budou rozebrány dva zástupci této skupiny metod:

- metoda párového srovnávání,
- saatyho metoda stanovení vah.

Metoda párového srovnávání

Tato metoda bývá někdy označována jako Fullerův trojúhelník. Principem je zjistit množství preferencí pro každé kritérium vzhledem ke všem ostatním kritériím. Ve schématické tabulce č. 1.2 lze vidět jeden z možných postupů určování preferencí. Pokud je kritérium v řádku upřednostněno před kritériem ve sloupci, zapíše se do daného políčka číslice jedna, v opačném případě nula. Celkový počet preferencí pro jednotlivá

kritéria je dán součtem jedniček v řádku a nul ve sloupci. Závěrečným krokem je výpočet normovaných vah. [1]

$$v_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (1.1)$$

$$v_i = \frac{f_i + 1}{n + \sum_{i=1}^n f_i} \quad (1.2)$$

Kde: v_i váha i-tého kritéria,
 f_i počet preferencí i-tého kritéria,
 n počet kritérií.

První zmíněný vztah (1.1) má jednu nevýhodu. Pokud kritérium obdrží nula preferencí, pak je i jeho váha nulová. Tuto nevýhodu se snaží vykompenzovat druhý vztah (1.2), který je modifikací prvního. Úprava výpočtu spočívá ve zvýšení počtu preferencí u každého kritéria o jednu. [2]

Jednou z nevýhod párového srovnávání je, že nerozlišuje míru významnosti jednotlivých kritérií, pouze zda je jedno kritérium upřednostňováno před druhým.

Tabulka č. 1.2 – Určení preferencí [2]

Kritérium	K ₁	K ₂	K ₃	...	K _n	Počet preferencí	Normovaná váha
K ₁		1	0	...	1		
K ₂			0	...	0		
K ₃					0		
...					...		
K _{n-1}					1		
K _n							

Saatyho metoda stanovení vah

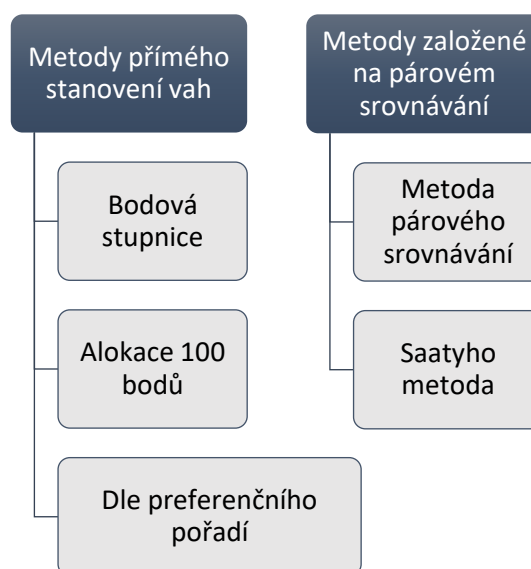
Tato metoda odstraňuje nevýhody párového srovnávání tím, že zavádí stanovení velikosti preference jednotlivých dvojic kritérií (tzn., že se určí nejenom, které kritérium je preferováno nad jiným ale také jak moc je preferováno). Postup se do určité míry shoduje s párovým srovnáváním, až na to, že do tabulky nezapíšujeme pouze číslici jedna a nula ale hodnotu ze zvolené bodové stupnice, kterou se vyjádří velikost preference. Doporučená Saatyho stupnice pro vyjádření velikosti preferencí je uvedena v tabulce č. 1.3. [1] [2]

Tabulka č. 1.3 – Saatyho stupnice [2]

Počet bodů	Popis
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je dosti významnější než druhé
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

Použití této stupnice je pouze na úsudku rozhodovatele. V praxi se běžně vytvářejí vlastní stupnice, které nemusí být celočíselné. Výsledkem je pak tzv. Saatyho matice, která slouží k výpočtu jednotlivých vah kritérií. Existuje několik postupů, jenž slouží pro stanovení finálních vah, od jednodušších, až po náročnější, u kterých je doporučováno využití softwaru, nicméně pro účely této práce není nutné je podrobněji rozebírat. Na paměti je třeba mít, že při využití Saatyho metody dochází často ke špatné interpretaci stanovené stupnice, čímž dochází ke zkreslování vah kritérií, proto je nutné dbát zvýšené pozornosti při vyplňování matice (zejména uvědomění si, že počet bodů vyjadřuje intenzitu preferencí). [2]

Všechny zmíněné metody z obou skupin (metody přímého stanovení vah i metody založené na párovém srovnávání) se využívají v případě, že stanovení vah je nezávislé na znalosti dopadů variant a jsou pro přehled uvedeny ve schématu na obrázku č. 1.2.

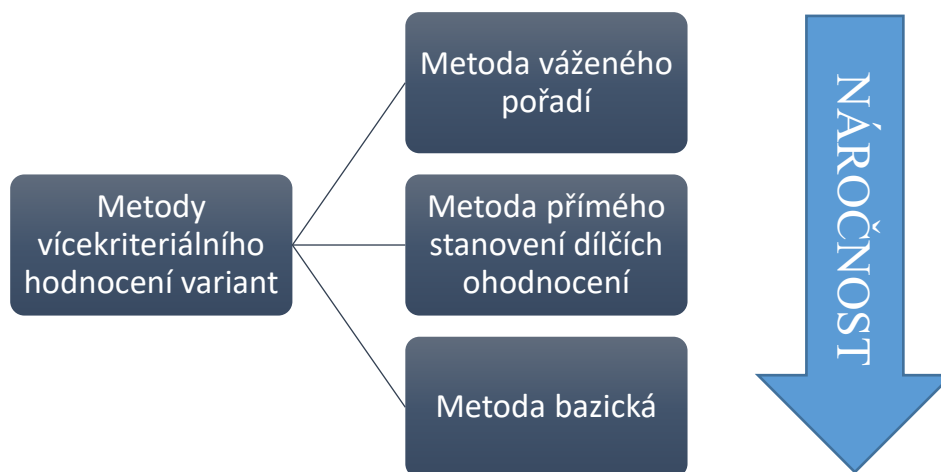


Obrázek č. 1.2 – Přehled metod stanovení vah kritérií

1.3 Metody vícekritériálního hodnocení variant

Metod pro vícekritériální hodnocení variant je celá řada, které se dále řadí do četných skupin. V následující kapitole bude věnována pozornost několika jednoduchým metodám, které jsou snadno srozumitelné, a proto v praxi hojně rozšířené. Zároveň jsou tyto metody vhodné použít v případech, kdy v souboru kritérií převládají kvantitativní kritéria. Podstatou těchto metod je transformace hodnot kritérií na bezrozměrnou veličinu, která bude sloužit k ohodnocení variant. Detailněji budou nastíněny tyto metody:

- metoda váženého pořadí,
- metoda přímého stanovení dílčích ohodnocení,
- metoda bazická.



Obrázek č. 1.3 – Přehled metod vícekritériálního hodnocení variant

Preferenční uspořádání variant se sestavuje na základě celkového ohodnocení. Celkové ohodnocení varianty není nic jiného, než vážený součet dílčích ohodnocení vzhledem k jednotlivým kritériím. Pomocí vztahu lze celkové ohodnocení varianty vyjádřit jako: [2]

$$H^j = \sum_{i=1}^n v_i \cdot h_i^j \text{ pro } j = 1, 2, \dots, m, \quad (1.3)$$

kde H^j celkové ohodnocení (hodnota) j-té varianty,
 v_i váha i-tého kritéria,
 h_i^j dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu,
 n počet kritérií hodnocení,
 m počet variant.

Pokud v souboru kritérií převládají kvalitativní kritéria, je vhodnější použít metody párového srovnávání variant. Pro doplnění jsou níže uvedeni dva zástupci z této skupiny:

- Saatyho metoda,
- metody založené na prazích citlivosti.

1.3.1 Metoda váženého pořadí

Tato metoda nezohledňuje rozdíly hodnot v rámci jednotlivých kritérií. Konečné pořadí variant se určí pouze na základě dílčích pořadí vzhledem k jednotlivým kritériím. Postup výpočtu lze zjednodušeně popsat následovně. Variantám se přiřadí pořadí u každého kritéria (je nutné rozlišovat nákladová a výnosová kritéria, jelikož je u nich postup sestavování pořadí opačný), následně jsou jednotlivá pořadí pronásobena příslušným koeficientem významnosti, pokud je využit a konečným krokem je pak sečtení jednotlivých pronásobených pořadí pro každou variantu. Varianta s nejnižší hodnotou zaujímá první místo a je tou nejvýhodnější.

Jak lze z postupu vydedukovat, tato metoda je značně jednoduchá. Vzhledem k jejímu nedostatku nezohledňování hodnot jednotlivých kritérií, je uplatňována především u souboru s převahou kvalitativních kritérií. [1] [2] [6]

1.3.2 Metoda přímého stanovení dílčích ohodnocení

Další jednodušší metodou je přímé stanovení dílčích ohodnocení. Tato metoda je velmi ovlivněna kvalitami a subjektivitou hodnotitele a značně se odrazí na výsledném hodnocení. Princip je prostý a to, že hodnotitel přiřazuje určité bodové ohodnocení jednotlivým variantám vzhledem k daným kritériím přímo. Podstatou je zvolení vhodné stupnice, která umožní respektovat nelineární závislost mezi jednotlivými ohodnoceními variant a jejich důsledcích. Nejčastěji se využívá stupnice desetibodová, pro jemnější hodnocení stobodová, přičemž nižší hodnoty bývají přiřazeny horším hodnotám kritérií a naopak. [2]

Jak už bylo řečeno, výsledky metody jsou velmi ovlivněny hodnotitelem, který by v tomto případě měl být expertem na situaci, která je předmětem rozhodování. Z toho důvodu bývá tato metoda někdy označována jako metoda expertního stanovení dílčích ohodnocení. Tato skutečnost může být jak výhodou, tak i nevýhodou. Výhodou v případě,

že se skutečně jedná o osobu kompetentní k řešení zadané úlohy. Nevýhodou pak v situaci, kdy hodnotitel nemá dostatečné kvality k posouzení jednotlivých variant. [2]

1.3.3 Metoda bazická

Tato metoda využívá **bazickou variantu** pro stanovení jednotlivých hodnocení variant. Bazickou variantou se chápe určitá fiktivní varianta, která nabývá pro jednotlivá kritéria předem určených hodnot. Tyto hodnoty se mohou stanovit např. průměrem (pro jednotlivá kritéria) ze všech stanovených variant, zvolením nejlepších hodnot kritérií ze souboru variant, atd. Podstatou je srovnání bazické varianty s dílčími variantami. Znovu je nutné brát ohled na výnosová a nákladová kritéria. Pro kritéria výnosového typu se dílčí ohodnocení stanoví jako: [1] [2] [6]

$$h_i^j = \frac{x_i^j}{x_i^b} \quad (1.4)$$

kde h_i^j dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu,

x_i^j hodnota i-tého kritéria u j-té varianty,

x_i^b hodnota i-tého kritéria u bazické varianty.

Pro nákladová kritéria dochází pouze k přehození čitatele a jmenovatele ve zlomku:

$$h_i^j = \frac{x_i^b}{x_i^j}. \quad (1.5)$$

Bazická metoda se využívá zejména u souboru kritérií, kde převažují kvantitativní kritéria. Závěrem bude nastíněna, na první pohled skrytá, nevýhoda této metody. Ze zmíněných vztahů lze odvodit, že funkce užitku pro výnosová a nákladová kritéria budou mít jiný tvar. U výnosových kritérií je lineární, což znamená, že se předpokládá stejný růst přínosu, při stejných přírůstcích hodnot kritérií. Oproti tomu u nákladových kritérií má funkce tvar hyperboly a předpokládá se degresivní pokles přínosu při stejných přírůstcích hodnot kritérií.

1.4 Vyvažování rotoru

Rotorem je myšleno těleso uloženo ve dvou ložiskách, která určují osu rotace. Pokud u rotoru dochází k nevyváženosti, znamená to, že se centrální osa hmoty liší od centrální

osy průběhu, resp. došlo k nerovnoměrnému rozdělení hmoty. To může být zapříčiněno vyhloubenými otvory, excentricky umístěnými díly, atd. Nevyváženost způsobuje při rotaci nežádoucí jevy jako např.:

- odstředivé síly,
- hluk,
- chvění,
- nebezpečí únavových lomů.

Zmíněné nežádoucí jevy se zhoršují s rostoucími otáčkami a dochází k poškození ložisek a v extrémních případech i k rozpadu rotoru. To je hlavní důvod, kvůli kterému je potřeba redukovat nevyváženost na přijatelnou úroveň. Nevyváženost má vliv na:

- životnost,
- bezpečnost,
- kvalitu. [8] [10]

Životnost

V důsledku rostoucích vibrací plynoucích z nevyvážení roste namáhání ložisek, zavěšení skříně a fundamentů a zvyšuje se rychlost opotřebení. To se negativně podepisuje na životnosti těchto dílů. Proto výrobky s vyváženými díly mají zpravidla delší životnost a jsou spolehlivější. [8] [10]

Bezpečnost

Zvýšené chvění může zapříčinit uvolnění potřebného tření ve šroubových spojích a svěrných spojeních do té míry, že dojde k rozpojení dílů. Může dojít k přerušení elektrického vedení na přípojných místech a rušení elektrických spínačů vibracemi. Všechny tyto nežádoucí jevy výrazně ovlivňují provozní bezpečnost a může dojít k ohrožení lidského života, případně zařízení. [8] [10]

Kvalita

U nevyváženého stroje s neklidným chodem nelze očekávat prvotřídní funkčnost. Typickým případem jsou obráběcí stroje, u kterých se zvýšené chvění a vibrace zásadně odrazí na množství vyráběných zmetků. Ruku v ruce jde s kvalitou i konkurenceschopnost. Pokud je výrobek nekvalitní (silné vibrace, nadměrný hluk, atd.) nelze od něj očekávat prosazení se na trhu. [8] [10]

1.4.1 Druhy nevyváženosti

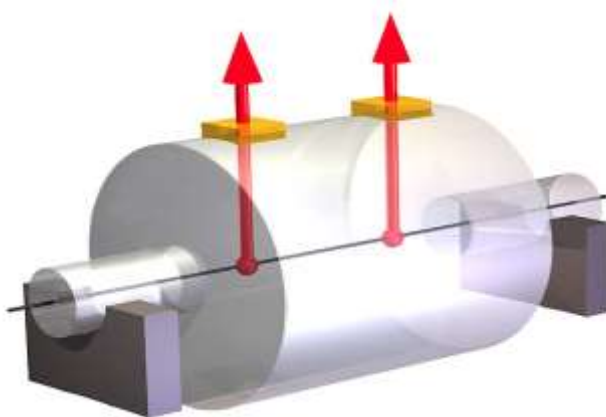
Z hlediska působení lze nevyváženosti rozdělit do několika druhů. Příslušný druh nevyváženosti je ovlivněn tvarem a funkcí rotoru, ale i polohou vyvažovacích rovin a volbou vyvažovacích tolerancí. Níže budou nastíněny tři základní druhy nevyváženosti, a to: statická, momentová a dynamická. Pro přehled jsou na obrázku č. 1.4 doplněny další druhy nevyváženosti. [7] [8]



Obrázek č. 1.4 – Druhy nevyváženosti

Statická nevyváženost

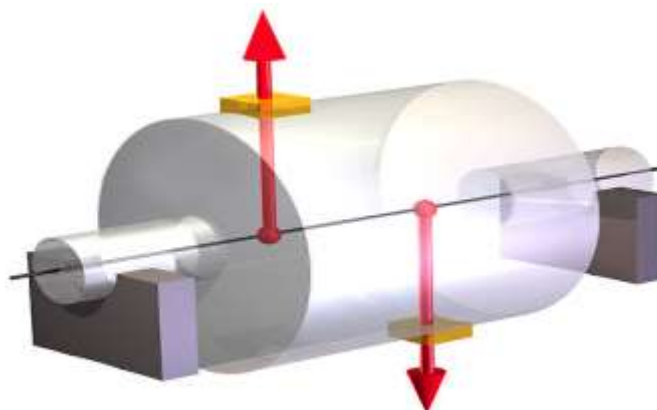
Název tohoto druhu nevyváženosti plyne z toho, že působí i případě, kdy nedochází k rotaci. Je-li takový to rotor uložen na dva břity, lze pozorovat, že nejtěžší bod zaujme nejnížší polohu. Hlavní osa momentu setrvačnosti tělesa je rovnoběžná s osou rotace. Řešením statické nevyváženosti je vhodným způsobem posunout těžiště zpět do osy rotace. Posunout těžiště na správné místo lze přidáním nebo ubráním hmoty v jedné vyvažovací rovině. [8] [9]



Obrázek č. 1.5 – Statická nevyváženost [9]

Momentová nevyváženost

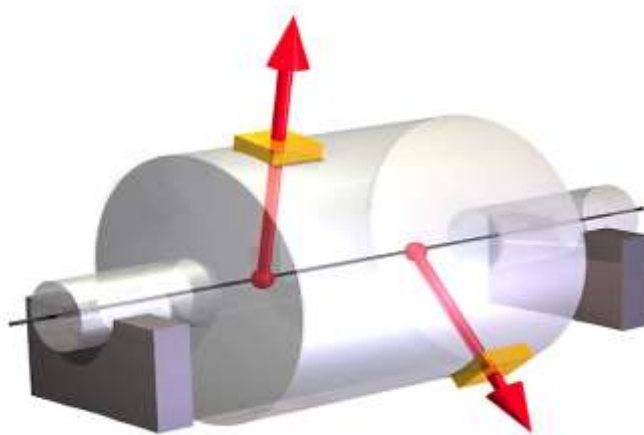
V tomto případě dochází k vychýlení hlavní osy setrvačnosti tak, že svírá s osou rotace určitý úhel a prochází těžištěm tělesa. Tento druh nevyváženosti už nelze zjistit pouhým odvalením rotoru, jelikož dochází k působení dvou totožných sil proti sobě (viz. obrázek č.1.6) a rotor se tak jeví v klidové poloze jako vyvážený. Pro odstranění momentové nevyváženosti je nutný opačný moment, resp. dvě stejně velké nevyváženosti, které jsou ve vyvažovacích rovinách pootočený vzájemně o 180° . [7] [9]



Obrázek č. 1.6 – Momentová nevyváženost [9]

Dynamická nevyváženost

Posledním druhem nevyváženosti, který bude uveden, je dynamická nevyváženost. Jedná se o kombinaci statické a momentové nevyváženosti. Hlavní osa momentu setrvačnosti je mimoběžná s osou rotace. Je v praxi nejrozšířenější a, stejně jako statická nevyváženost, nejde zjistit za klidu. Odstraňuje se nejprve statická a následně momentová nevyváženost. [7] [8] [9]



Obrázek č. 1.7 – Dynamická nevyváženost [9]

2 Analýza současného stavu

Tato kapitola bude věnována krátkému představení společnosti ale zejména stanovení kritérií, která poslouží pro vícekritériální hodnocení a rozbořem navržených variant. Jedná se o poslední krok před zahájením výpočtu hodnocení.

2.1 Představení společnosti

Společnost OSTROJ a.s. je významný výrobce sortimentu důlních zařízení, jako jsou mechanizované výztuže, hřeblové a pásové dopravníky, pluhové soupravy, hydraulické stojky a válce pro všechny podmínky dobývání v hlubinných dolech. Současně se věnuje výrobě celé řady dalších strojírenských produktů a to vše s téměř 70-ti letou tradicí. Společnost se z hlediska organizační struktury člení na šest divizí:

- důlní stroje,
- kovárna a kalírna,
- strojírna, hydraulika,
- nástrojárna,
- galvanovna a
- divize služby a nákup.

V současné době zaměstnává přes 900 zaměstnanců a v roce 2013 dosahoval obrát hodnoty přes dvě miliardy Kč. Je významným exportérem a držitelem prestižních firemních ocenění, z nichž za zmínku stojí nedávno obdržené ocenění CZECH Stability Award za rok 2017.



Obrázek č. 2.1 – Ostroj a.s. (<http://www.ostroj.cz/>)

2.2 Rozhodovací situace

V roce 2016 společnost vydala požadavek na uskutečnění investice, týkající se nákupu vyvažovacího stroje. Důvodem této investice byl nadměrný počet kooperací pro vyvažování, který společnost do té doby byla nucena provádět. Cílem celého projektu bylo tento počet kooperací snížit, prostřednictvím zvětšení délkových, průměrových a hmotnostních dimenzí při vyvažování výrobků. Celý výběrový proces zabral téměř půl roku, přičemž na konci se do finálového rozhodování dostali tři kandidáti, ze kterých vzešel konečný vítěz celého řízení. V tabulce č. 2.1 lze vidět přehled kooperací pro vyvažování. Tabulka rovněž obsahuje cenu příslušné kooperace a náklady spojené s přepravou.

Tabulka č. 2.1 – Přehled kooperací

Rok	Kooperace			Doprava		
		Cena [Kč]	Celkem [Kč]		Cena [Kč]	Celkem [Kč]
2016	610	800	488000	610	69	42090
2017	618	836	516648	618	75	46350
2018	629	879	552891	629	82	51578
2019	639	899	574461	639	87	55593

Cílem bude vhodně zvolit kritéria, pomocí kterých bude probíhat hodnocení, provést vícekritériální hodnocení finálních kandidátů a porovnat dosažené výsledky se skutečnou volbou ve výběrovém řízení.

2.3 Kritéria

V první řadě je potřeba stanovit kritéria, pomocí kterých budou jednotlivé varianty hodnoceny. V tabulce č. 2.2 je uveden zvolený soubor kritérií, včetně jednotky a typu (výnos či náklad) a jejich zařazení mezi kvantitativní nebo kvalitativní kritéria. Soubor je tvořen devíti kritérii, která lze rozdělit na hlavní a doplňková a měla by být dostačující k posouzení vhodnosti realizované investice. V následujících odstavcích budou jednotlivá kritéria specifikována. Nákladová kritéria budou pro lepší orientaci barevně rozlišena (žlutá barva).

Tabulka č. 2.2 – Soubor kritérií

	Kritérium	Jednotka	Typ	Kvan./Kval.
1	Cena	Kč	Náklad	Kvan.
2	Hmotnost vyvažované části	Kg	Výnos	Kvan.
3	Délka lože	mm	Výnos	Kvan.
4	Průměr vyvažované části	mm	Výnos	Kvan.
5	Hnací motor	kW	Výnos	Kvan.
6	Nejmenší dosažitelná přesnost vyvažování dle ISO	g.mm/kg	Náklad	Kvan.
7	Procento redukce nevyváženosti	%	Výnos	Kvan.
8	Možnost programů pro vyvažování	ANO/NE	Výnos	Kval.
9	Možnost editace kalibračního protokolu dle potřeb	ANO/NE	Výnos	Kval.

Cena

Alfou i omegou souboru kritérií bude cena, resp. náklad, který společnosti vznikne nákupem zařízení. Každý podobný projekt má na svém počátku stanoven plánovaný náklad a je nezbytně nutné se tohoto čísla držet. Dá se předpokládat, že tomuto kritériu bude při stanovování vah věnována větší pozornost. Jednotkou bude koruna česká a typově ho řadíme mezi nákladová kritéria, jelikož čím bude větší cena, tím hůře pro společnost.

Hmotnost vyvažované část

Dalším důležitým kritériem je maximální hmotnost výrobku, který lze na přístroji vyvážit. Mezi důležité se řadí z toho důvodu, jelikož vyplývá přímo z cíle realizovaného projektu společnosti. Čím je maximální hmotnost vyvažované části větší, tím se rozšiřuje interval výrobků, u kterých není nutné zajišťovat kooperaci pro vyvážení.

Délka lože

Délka lože určuje délku rotoru, který je možné na daném přístroji ustavit, resp. vyvážit. Stejně jako hmotnost i toto kritérium je výnosového typu a důvody jsou totožné jako u předchozího kritéria.

Průměr vyvažované části

Posledním z řady hlavních kritérií je průměr vyvažovaného rotoru. Rovněž toto kritérium vyplývá z cílů projektu a je výnosového typu. Čím je průměr větší, tím širší škálu výrobku může společnost svépomoci vyvážit.

Hnací motor

Prvním z tzv. doplňkových kritérií je výkon hnacího motoru. Čím je výkon větší, tím méně dochází k jeho namáhání při práci s těžšími rotory, a proto jej řadíme mezi výnosová kritéria.

Nejmenší dosažitelná přesnost vyvažování dle ISO

Druhým zástupcem z řad nákladových kritérií je nejmenší dosažitelná přesnost. Hodnoty povolených nevyvážeností jsou stanoveny normami ISO. Čím je přístroj schopnější dosahovat větších přesností při vyvažování, tím je hodnota nižší.

Procento redukce nevyváženosti

Toto kritérium nám vyjadřuje do jaké míry je stroj schopný redukovat zjištěnou nevyváženost. Při hodnotě 100 % by nevyváženost byla zcela odstraněna. Jedná se tedy bezpochyby o výnosové kritérium.

Možnost programů pro vyvažování a možnost editace kalibračního protokolu

Poslední dvě doplňková kritéria se týkají softwarového vybavení zařízení. Jakákoliv možnost editace protokolu a ukládání programů pro vyvažování je brána jako výhoda, a proto jsou tato kritéria brána jako výnosová.

2.4 Varianty

Jednotliví kandidáti budou označení jako varianta A, varianta B a varianta C. Ke každé variantě bude vytvořena tabulka, ve které budou uvedeny hodnoty jednotlivých kritérií a přiloženo ilustrační foto daného zařízení. V následujících přehledech už nadále nebudou uváděny specifikace daného kritéria (jednotka, druh, kvan./kval.), kromě barevného rozlišení nákladových kritérií.

2.3.1 Varianta A

Tabulka č. 2.3 – Varianta A

	Název modelu	Tempos K 1500B
1	Cena	1732500
2	Hmotnost vyvažované části	1500
3	Délka lože	4500
4	Průměr vyvažované části	1500
5	Hnací motor	5,5
6	Nejmenší dosažitelná přesnost vyvažování dle ISO	0,1
7	Procento redukce nevyváženosti	X
8	Možnost programů pro vyvažování	ANO
9	Možnost editace kalibračního protokolu dle potřeb	X



Obrázek č. 2.2 – Varianta A (<http://www.tempos.cz/>)

2.3.2 Varianta B

Tabulka č. 2.4 – Varianta B

	Název modelu	CEMB 750
1	Cena	1058475
2	Hmotnost vyvažované části	1100
3	Délka lože	4000
4	Průměr vyvažované části	1580
5	Hnací motor	4
6	Nejmenší dosažitelná přesnost vyvažování dle ISO	0,5
7	Procento redukce nevyváženosti	95
8	Možnost programů pro vyvažování	ANO
9	Možnost editace kalibračního protokolu dle potřeb	ANO

..



Obrázek č. 2.3 –Varianta B (<http://www.cemb.cz/>)

2.3.3 Varianta C

Tabulka č. 2.5 – Varianta C

	Název modelu	SCHENCK HM 4-BU
1	Cena	1097250
2	Hmotnost vyvažované části	1500
3	Délka lože	4000
4	Průměr vyvažované části	1600
5	Hnací motor	7,5
6	Nejmenší dosažitelná přesnost vyvažování dle ISO	0,1
7	Procento redukce nevyváženosti	95
8	Možnost programů pro vyvažování	ANO
9	Možnost editace kalibračního protokolu dle potřeb	NE



Obrázek č. 2.4 – Varianta C (<https://schenck-rotec.com>)

2.3.4 Přehled variant

V tabulce č. 2.6 je názorně vidět přehled hodnot kritérií, včetně jejich skladby. Zastoupeny jsou jak kvantitativní, tak i kvalitativní kritéria. Bohužel u první varianty nebylo možné dohledat u tří doplňkových kritérií jejich hodnoty. I když se jedná o kritéria s malým vlivem, bude s nimi i přesto počítáno. To, že hodnoty nebyly v přiložené dokumentaci, ani na webových stránkách k dohledání je přisouzeno jako nevýhoda samotné variantě a projeví se v pozdějším hodnocení, ale jak už bylo zmíněno, jde o kritéria s nízkým koeficientem významnosti, proto ovlivnění bude téměř zanedbatelné. U kritérií, kde nebylo možné zjistit hodnotu je uvedeno velké písmeno x.

Tabulka č. 2.6 – Přehled hodnot kritérií

Varianta	Kritérium (K)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1732500	1500	4500	1500	5,5	X	X	Ano	X
B	1058475	1100	4000	1580	4	0,5	0,95	Ano	Ano
C	1097250	1500	4000	1600	7,5	0,1	0,95	Ano	Ne

3 Vícekriteriální analýza

V následující kapitole bude provedena vícekriteriální analýza navržených variant na základě stanovených kritérií. V první řadě bude nutné stanovit koeficienty významnosti těchto kritérií. Následně budou pomocí dvou metod vícekriteriální analýzy zhodnoceny navržené varianty.

3.1 Stanovení koeficientů významnosti

Aby bylo hodnocení objektivní, je nutné stanovit kritériím koeficienty významnosti neboli váhy. Z metod, které byly popsány v teoretické části, byla vybrána, vzhledem k počtu kritérií, jako nejvhodnější metoda alokace 100 bodů. Tato metoda je vhodná pro menší počet kritérií a lze v ní zohlednit významnější a doplňková kritéria. V tabulce č. 3.1 jsou uvedeny zprůměrované počty bodů jednotlivých hodnotitelů a jejich normované váhy. Soubor hodnotitelů byl tvořen čtyřmi členy včetně autora této práce. Jednotlivé hodnotící formuláře lze nalézt v přílohách A, B, C a D. Normovanou váhou se rozumí, že součet vah za všechna kritéria je roven jedné a jedná se o bezrozměrnou veličinu. Příklad výpočtu normované váhy je uveden pod tabulkou č. 3.1.

Tabulka č. 3.1 – Koeficienty významnosti

Kritérium (K)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Součet
Počet bodů (B _j)	49	9,5	14,75	12	2,25	2,5	4	2	4	100
Normovaná váha (B _{jN})	0,49	0,095	0,1475	0,12	0,0225	0,025	0,04	0,02	0,04	1

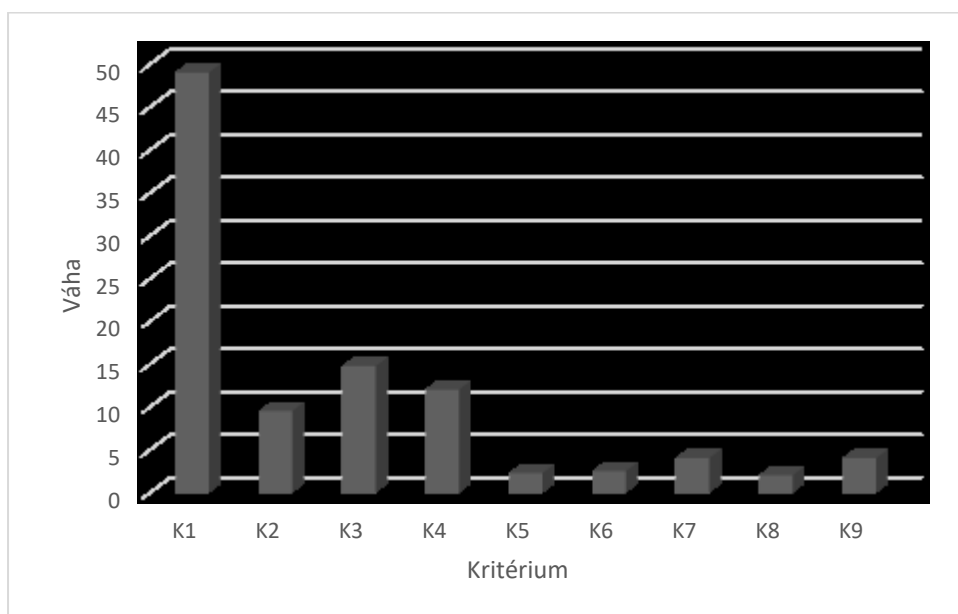
$$B_{jN} = \frac{B_j}{\sum_{i=1}^m B_j} \quad (3.1)$$

$$B_{1N} = \frac{49}{100} = 0,49$$

Kde B_{jN} normovaná váha j-tého kritéria,
 B_j nenormovaná váha j-tého kritéria,
 m počet kritérií.

Z tabulky je patrné, že kritériem, které bude určovat směr celého hodnocení je cena. Je to zcela pochopitelné, jelikož ve společnostech, kde je předem stanoven náklad na investici, je životně důležité dodržet rozpočet, případně se od něj výrazněji neodchylovat. S větším odstupem od ceny se na hodnocení budou zřetelněji podílet dimenze vyvažované části (hmotnost, délka a průměr). Pokud bude cena u jednotlivých variant podobná, dá se očekávat, že právě tyto kritéria budou rozhodující. Hmotnost, délka a průměr vyvažované části společně s cenou dávají zmíněnou skupinu hlavních kritérií. Přehledné shrnutí významnosti jednotlivých kritérií je znázorněno v grafu č. 3.1.

Graf č. 3.1 – Přehled významnosti kritérií



3.2 Hodnocení variant pomocí bazické metody

Jako první bude pro hodnocení variant použita bazická metoda. Princip metody byl podrobněji popsán v kapitole č. 1.3.3. Základem je vytvoření bazické (fiktivní) varianty, pomocí níž budou provedena srovnání se zbylými zadanými variantami. Jak bylo řečeno, postupů pro určení bazické varianty je několik. V tomto případě budou jednotlivá kritéria tvořena průměrem ze zadaných variant.

3.2.1 Výpočet bazické varianty

Pozor bude nutné dát u kvalitativních a nedefinovaných kritérií. Aby bylo možné zahrnout kritéria 8 a 9 do výpočtu, bude nutné je kvantifikovat (převést na číselný údaj). Vzhledem k charakteru daných kritérií, lze použít jednoduchý princip, a sice pokud daná

varianta splňuje kritérium (je uvedeno „Ano“) bude jí přiřazena číselná hodnota jedna, v opačném případě nula. U nedefinovaných kritérií se v případě chybějícího údaje přiřazuje číselná hodnota nula. Následující tabulka č. 3.2, je modifikací už dříve zmiňované tabulky č. 2., s tím rozdílem, že je doplněna o koeficienty významnosti a bazickou variantu. Postup výpočtu bazické varianty bude uveden pod tabulkou. U každé výpočtové operace bude vždy uveden výpočet pro nákladové a výnosové kritérium, aby bylo jasné, v čem spočívá rozdíl, případně v čem se postup nemění.

Tabulka č. 3.2 – Varianty doplněné o koef. významnosti a bazickou variantu

Varianta	Kritérium (K)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1732500	1500	4500	1500	5,5	X (0)	X (0)	Ano (1)	X (0)
B	1058475	1100	4000	1580	4	0,5	0,95	Ano (1)	Ano (1)
C	1097250	1500	4000	1600	7,5	0,1	0,95	Ano (1)	Ne (0)
B_jN	0,4900	0,0950	0,1475	0,1200	0,0225	0,0250	0,0400	0,0200	0,0400
h_{bj}	1296075	1366,6667	4166,6667	1560	5,6667	0,2	0,6333	1	0,3333

Výpočet bazické varianty pro kritérium č. 1 (h_{b1}) – Cena:

$$h_{bj} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{ena}}{m} \quad (3.2)$$

$$h_{b1} = \frac{1732500+10584475+1097250}{3}$$

$$h_{b1} = 1296075 \text{ Kč}$$

Kde: h_{bj} hodnota bazické varianty pro j-té kritérium,

m počet variant.

Výpočet bazické varianty pro kritérium č. 2 (h_{b2}) – Hmotnost vyvažované části:

$$h_{bj} = \frac{\sum_{i=1}^m H_{motnost}}{m} \quad (3.3)$$

$$h_{b2} = \frac{1500+1100+1500}{3}$$

$$h_{b2} = 1366,6667 \text{ g}$$

3.2.2 Porovnání jednotlivých variant s bazickou variantou

Po výpočtu bazické varianty bude následovat její porovnání se zbylými variantami. V tabulce č. 3.3 jsou uvedeny jednotlivá srovnání, včetně zohlednění koeficientů významnosti. Pod tabulkou budou opět vzorové výpočty.

Tabulka č. 3.3 – Srovnání s bazickou variantou

Varianta	Kritérium (K)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0,3666	0,1043	0,1593	0,1154	0,0218	0,0000	0,0000	0,0200	0,0000
B	0,6000	0,0765	0,1416	0,1215	0,0159	0,0100	0,0600	0,0200	0,1200
C	0,5788	0,1043	0,1416	0,1231	0,0298	0,0500	0,0600	0,0200	0,0000
B _{jN}	0,4900	0,0950	0,1475	0,1200	0,0225	0,0250	0,0400	0,0200	0,0400
h _{bj}	1296075	1366,6667	4166,6667	1560	5,6667	0,5	0,6333	1	0,3333

Srovnání nákladového kritéria č. 1 (Cena) s bazickou variantou s ohledem na koef. významnosti:

$$z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} * B_{jN} \quad (3.4)$$

$$z_{11} = \frac{1296075}{1732500} * 0,49$$

$$z_{11} = 0,3666$$

Kde: z_{ij} hodnota srovnání j-tého kritéria u i-té varianty,

h_{bj} hodnota bazické varianty pro j-té kritérium,

h_{ij} hodnota j-tého kritéria u i-té varianty,

B_{jN} normovaná váha j-tého kritéria.

Srovnání výnosového kritéria č. 2 (Hmotnost vyvažované části) s bazickou variantou s ohledem na koef. významnosti:

$$z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} * B_{jN} \quad (3.5)$$

$$z_{12} = \frac{1500}{1366,6667} * 0,095$$

$$z_{12} = 0,1043$$

3.2.3 Stanovení relativní užitečnosti

Závěrečným krokem je určení relativní užitečnosti, na základě které se stanoví konečné pořadí. To se provede sečtením jednotlivých řádků podle vztahu (3.6). Tabulka č. 3.4 obsahuje údaje z předchozího kroku doplněné o relativní užitečnost.

Tabulka č. 3.4 – Relativní užitečnost

Varianta	Kritérium									S _j
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	0,3666	0,1043	0,1593	0,1154	0,0218	0	0	0,02	0	0,7874
B	0,6	0,0765	0,1416	0,1215	0,0159	0,01	0,06	0,02	0,12	1,1655
C	0,5788	0,1043	0,1416	0,1231	0,0298	0,05	0,06	0,02	0	1,1075
B _j N	0,49	0,095	0,1475	0,12	0,0225	0,025	0,04	0,02	0,04	
h _{bj}	1296075	1366,67	4166,67	1560	5,6667	0,5	0,6333	1	0,3333	

Výpočet relativní užitečnosti S_j pro variantu A:

$$S_j = \sum_{j=1}^{j=m} z_{ij} \quad (3.6)$$

$$S_1 = 0,3666 + 0,1043 + 0,1593 + 0,1154 + 0,0218 + 0 + 0 + 0,02 + 0$$

$$S_1 = 0,7874$$

Kde: S_j relativní užitečnost j-té varianty,

z_{ij} hodnota srovnání j-tého kritéria u i-té varianty.

Varianta, u které bude relativní užitečnost největší, je vzhledem ke stanoveným kritériím brána jako optimální. Tabulka č. 3.5 shrnuje výsledky hodnocení této metody. Konečné pořadí je dáno seřazením hodnot relativní užitečnosti, kde první místo zaujala varianta B s S₂ = 1,1655.

Tabulka č. 3.5 – Konečné pořadí bazické metody

Pořadí	Varianta	Relativní užitečnost
1.	Varianta B	1,1655
2.	Varianta C	1,1075
3.	Varianta A	0,7874

3.3 Hodnocení variant pomocí metody vážených dílčích pořadí

Jako druhá bude použita metoda vážených dílčích pořadí. Podstata metody byla popsána v kapitole 1.3.1 a nyní bude uvedena do praxe. Základem je stanovení dílčích pořadí variant vzhledem k jednotlivým kritériím.

3.3.1 Stanovení dílčích pořadí

Na začátku je nutné opět dbát na rozdíl mezi výnosovými a nákladovými kritérii, jelikož postup sestavování je opačný. Bude opět využita klasická tabulka, akorát na místo jednotlivých hodnot kritérií budou zapsány pořadí těchto hodnot. Nejlepší hodnotě bude přiřazeno místo první a nejhorší místo poslední. Specifický případ může nastat v momentě, kdy kritéria nabývají stejných hodnot a nejde tedy stanovit jednoznačné pořadí. V tu chvíli je nutný přepočít, který bude později uveden pro jedno vzorové kritérium. Analogicky se pak postupuje i v ostatních případech.

Tabulka č. 3.6 – Stanovení dílčích pořadí

Varianta	Kritérium (K)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	3	1,5	1	3	2	3	3	2	2,5
B	1	3	2,5	2	3	2	1,5	2	1
C	2	1,5	2,5	1	1	1	1,5	2	2,5
B _j N	0,4900	0,0950	0,1475	0,1200	0,0225	0,0250	0,0400	0,0200	0,0400

Přepočít pořadí u kritérií se stejnou hodnotou – kritérium č. 3 (Délka lože):

Tabulka č. 3.7 – Přepočít pořadí kritéria č. 3

Pořadí	1	2	3
Hodnota	4500	4000	4000
Přepočít pořadí	1	2,5	2,5

$$z_{23} = z_{33} = \frac{2 + 3}{2} = 2,5$$

Do čitatele se dosadí konkrétní pořadí, které by stejné hodnoty zaujaly a do jmenovatele pak počet stejných hodnot, resp. počet míst, které tyto hodnoty obsadily. Pro názornost je přepočít uveden i pro kritérium č. 8 (možnost programů pro vyvažování), které je ve své podstatě specifické v tom, že hodnoty jsou pro všechny tři varianty stejné.

Přepočet pořadí u kritérií se stejnou hodnotou – kritérium č. 8 (Možnost programů pro vyvažování):

Tabulka č. 3.8 – Přepočet pořadí kritéria č. 8

Pořadí	1	2	3
Hodnota	Ano (1)	Ano (1)	Ano (1)
Přepočet pořadí	2	2	2

$$z_{18} = z_{28} = z_{38} = \frac{1 + 2 + 3}{3} = 2$$

3.3.2 Zohlednění koeficientů významnosti

Nyní je nutné zohlednit váhy jednotlivých kritérií. Stanovená pořadí se pronásobí příslušným koeficientem významnosti, viz tabulka č. 3.9.

Tabulka č. 3.9 – Zohlednění koeficientů významnosti

Varianta	Kritérium (K)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1,4700	0,1425	0,1475	0,3600	0,0450	0,0750	0,1200	0,0400	0,1000
B	0,4900	0,2850	0,3688	0,2400	0,0675	0,0500	0,0600	0,0400	0,0400
C	0,9800	0,1425	0,3688	0,1200	0,0225	0,0250	0,0600	0,0400	0,1000
B_jN	0,4900	0,0950	0,1475	0,1200	0,0225	0,0250	0,0400	0,0200	0,0400

Zohlednění koeficientu významnosti u kritéria č. 1 (Cena):

$$z_{ijk} = z_{ij} \cdot B_j N \quad (3.7)$$

$$z_{11k} = 1,47 \cdot 0,49$$

$$z_{11k} = 1,47$$

Kde: z_{ijk} konečná hodnota pořadí j-tého kritéria u i-té varianty,
 z_{ij} hodnota pořadí j-tého kritéria u i-té varianty,
 $B_j N$ normovaná váha j-tého kritéria.

3.3.3 Stanovení konečného pořadí variant

Závěrečným krokem celé metody je, stejně jako u bazické metody, stanovení relativní užitečnosti, na základě které se určí výsledné pořadí variant. Následující tabulka je o tuto veličinu doplněná. Výpočet je pak uveden pod tabulkou.

Tabulka č. 3.10 – Relativní užitečnost

Varianta	Kritérium (K)									S _j
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	1,47	0,1425	0,1475	0,36	0,045	0,075	0,12	0,04	0,1	2,5
B	0,49	0,285	0,3688	0,24	0,0675	0,05	0,06	0,04	0,04	1,6413
C	0,98	0,1425	0,3688	0,12	0,0225	0,025	0,06	0,04	0,1	1,8588
B _j N	0,49	0,095	0,1475	0,12	0,0225	0,025	0,04	0,02	0,04	

Výpočet relativní užitečnosti S_j pro variantu A:

$$S_j = \sum_{i=1}^{j=m} z_{ij}k \quad (3.6)$$

$$S_1 = 1,47 + 0,1425 + 0,1475 + 0,36 + 0,045 + 0,075 + 0,12 + 0,0400 + 0,1$$

$$S_1 = 2,5$$

Kde: S_j relativní užitečnost j-té varianty,

z_{ijk} konečná hodnota pořadí j-tého kritéria u i-té varianty.

Porovnání relativní užitečnosti u jednotlivých variant definuje konečné pořadí. Princip určování pořadí je opačný, než u bazické varianty. Tzn. optimální varianta je ta, která nabývá nejmenší hodnoty S_j. Variantou nejvhodnější k realizaci byla pomocí metody vážených dílčích pořadí zvolena varianta B.

Tabulka č. 3.11 – Konečné pořadí metody vážených dílčích pořadí

Pořadí	Varianta	Relativní užitečnost
1.	Varianta B	1,6413
2.	Varianta C	1,8588
3.	Varianta A	2,5

4 Výběr optimální varianty a posouzení dosažených výsledků

Hodnocení zadaných variant proběhlo pomocí dvou metod vícekritériální analýzy. Použití více metod by mělo zajistit dostatečnou objektivitu a zlepšit přesnost výběru optimální varianty. Záměrně byly použity metody s odlišnými principy. Metoda bazická je vhodnější pro hodnocení souboru kritérií s převahou kvantitativních kritérií a opakem je metoda vážených dílčích pořadí, která se upřednostňuje u kvalitativních kritérií. Obě metody vygenerovaly výsledky, které jsou shrnuty v tabulce č. 4.1.

Tabulka č. 4.1 – Výsledky hodnocení

	1	2	3
Metoda bazická	Varianta B	Varianta C	Varianta A
Metoda vážených dílčích pořadí	Varianta B	Varianta C	Varianta A

Z výsledků hodnocení jednoznačně plyne, že optimální variantou pro realizaci investice je varianta B. I přesto, že byly využity metody, které se zaměřují na odlišný soubor kritérií, výsledek je totožný. Společnost v roce 2016 realizovala nákup varianty B, proto lze konstatovat, že výběr provedený zaměstnanci společnosti byl správný a celý rozhodovací proces je nastaven správně. Na obrázku č. 4.1 lze vidět umístění zařízení.

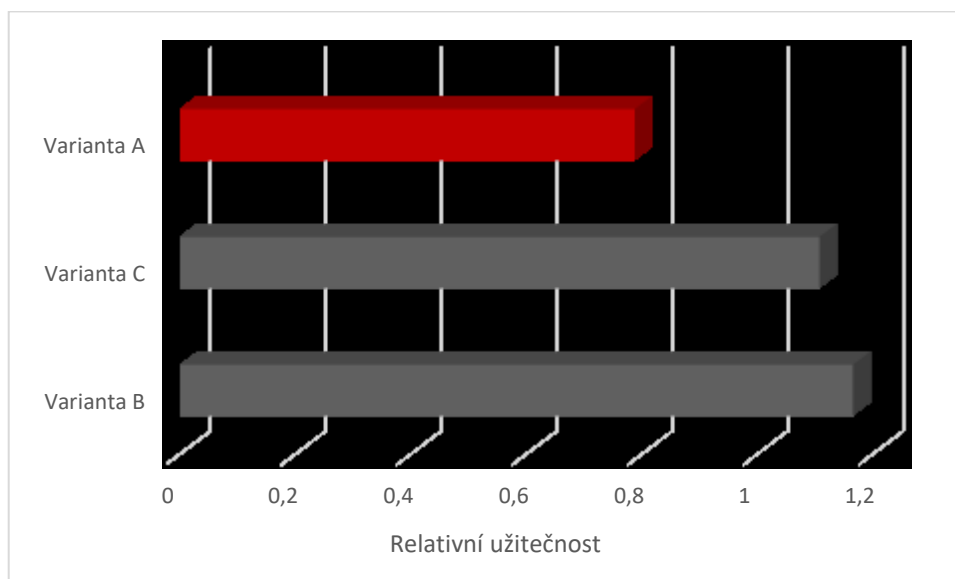


Obrázek č. 4.1 – Umístění zařízení

4.1 Posouzení dosažených výsledků bazické metody

Dosažené relativní užitečnosti lze názorně porovnat v grafu č. 4.1. Rozdíl mezi variantou B a variantou C je při použití **bazické metody** velmi malý. Obě tyto varianty jsou takřka na stejné úrovni, oproti variantě A. Příčina tohoto rozdílu plyne z velké váhy kritéria č. 1 (cena). Toho kritérium bylo určující, jelikož tvořilo téměř polovinu váhy sumy všech kritérií. Proto téměř sedmisettisícový rozdíl v ceně, oproti zbylým variantám, jednoznačně určil směr, kterým se hodnocení bude ubírat. Zbylá kritéria mohla být rozhodující jen v případě podobnosti ceny. Tento případ nastal právě mezi variantou B a variantou C, kde skutečně rozhodovaly drobné rozdíly

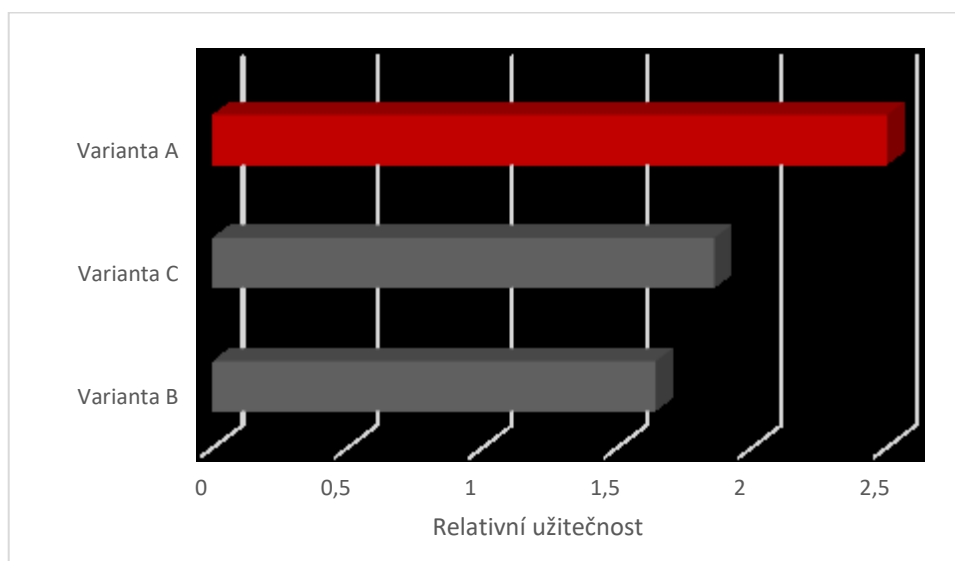
Graf č. 4.1 – Výsledky bazické metody



4.2 Posouzení dosažených výsledků metody vážených dílčích pořadí

Jako druhá metoda byla použita **metoda vážených dílčích pořadí**. Srovnání dosažených výsledků je uvedeno v grafu č. 4.2. Aby výsledky nebyly zavádějící, je nutné si uvědomit, že u bazické metody se hledala varianta s **nejvyšší hodnotou**, kdežto u metody vážených dílčích pořadí byla optimální variantou ta, která má v grafu nejkratší sloupec. Opět zde zařadovala cena, jakožto určující faktor hodnocení. Tato metoda nezohledňuje drobné rozdíly mezi jednotlivými hodnotami kritérií, proto je skok mezi variantou B a C menší, než jaký je u bazické metody. Nicméně výsledky jsou téměř identické.

Graf č. 4.2 – Výsledky metody vážených dílčích pořadí



4.3 Analýza úspory nákladů

Na základě ceny a počtu kooperací byla provedena jednoduchá analýza úspory nákladů v prvních čtyřech letech od realizace investice. Celkový kapitálový výdaj na pořízení investice byl stanoven na 1 360 000,- Kč. V této částce jsou zahrnuty i náklady spojené se stavebními pracemi. Výsledky této analýzy jsou shrnuty v tabulce č. 4.2.

Tabulka č. 4.2 – Úspory

[Kč]	2016	2017	2018	2019
Odpisy	49 479	163 750	163 750	163 750
Úspory dopravy	-21 045	-46 350	-51 578	-55 593
Úspory z kooperací	-203 333	-516 648	-552 891	-574 461
Náklady	-174 899	-399 248	-440 719	-466 304

5 Celkové zhodnocení přínosu práce a závěr

Rozhodování v oblasti firemního prostředí není jednoduchou záležitostí. Na manažery je neustále vyvíjen tlak z hlediska kvality a důsledku rozhodnutí. Zodpovědnost je v tomto případě vysoká, a proto se musí při realizaci rozhodnutí spoléhat na vhodně zvolené metody, které jim rozhodovací situaci pomou ulehčit. Společnosti v podobných situacích, jaká byla nastíněna, využívají mnohem sofistikovanější metody pro podporu rozhodování. Zpravidla čím je investice vyšší, tím je analýze věnována větší pozornost.

Cílem této práce bylo posoudit realizované rozhodnutí pomocí metod vícekritériální analýzy. Prvním krokem byl výběr vhodného souboru kritérií, který splňuje všechny nadefinované požadavky a stanovení vah jednotlivých kritérií. Následně byly aplikovány dvě metody vícekritériální analýzy, na základě kterých byla určena optimální varianta.

Hlavní přínos této práce tkví v ověření si správnosti rozhodnutí, které bylo realizováno. Výsledky obou použitých metod se shodovaly s výsledkem analýzy, na základě které byla provedena investice nákupu vyvažovacího zařízení. Proto lze s ohledem na zjištěné výsledky říci, že nákup zařízení byl proveden správně a cíl této bakalářské práce byl splněn.

Při psaní této práce byl kladen důraz na srozumitelnost a jasnost. Snahou bylo složitější definice a poučky transformovat do pochopitelnější formy a jednotlivé kroky postupu hodnocení náležitě objasnit. Vedlejší přínos spočívá v možnosti použití této práce jako návodu pro využití některých metod vícekritériálního rozhodování, případně pro jejich objasnění.

Seznam použité literatury

- [1] RAMÍK, Jaroslav. *Vícekriteriální rozhodování – analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná: Slezská univerzita, 1999. ISBN 80-724-8047-2
- [2] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. Třetí, přepracované vydání. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.
- [3] FIALA, Petr a Miroslav MAŇAS. *Vícekriteriální rozhodování: Určeno pro stud. všech fak.* Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-748-7.
- [4] WISNIEWSKI, Mik. *Metody manažerského rozhodování*. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-089-9.
- [5] ZMEŠKAL, Zdeněk, Dana DLUHOŠOVÁ a Tomáš TICHÝ. *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-91-0.
- [6] ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení výroby: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2775-9.
- [7] JULIŠ, Karel, Bohumil FRYML a Vladimír BORŮVKA. *Základy dynamického vyvažování*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1979. Řada strojírenské literatury
- [8] FRYML, B., BORŮVKA V. *Vyvažování rotačních strojů v technické praxi*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962, 237 s..
- [9] Schenck RoTec. *Schenck RoTec - Why is balancing so important?* [online]. 2010 [vid. 2018-3-30]. Proč je vyvažování tak důležité?. Dostupné na WWW: <<http://www.schenck-rotec.cz/why-balancing/index.php>>.

Seznam příloh

Příloha A – Hodnotící formulář 1

Příloha B – Hodnotící formulář 2

Příloha C – Hodnotící formulář 3

Příloha D – Hodnotící formulář 4

Příloha E – Umístění zařízení

Příloha A – Hodnotící formulář 1

V následující tabulce se nachází 9 kritérií, která budou použita pro hodnocení VYVAŽOVACÍHO STROJE (vyvažovačka hřídelí). Rozdělte 100 bodů mezi jednotlivá kritéria, aby celkový součet dal právě hodnotu 100.

Pozice hodnotícího experta – Referent interního auditu

	Kritérium	Váha
1	Cena	45
2	Hmotnost vyvažované části	10
3	Délka lože	16
4	Průměr vyvažované části	11
5	Hnací motor	2
6	Nejmenší dosažitelná přesnost vyvažování dle ISO	2
7	Procento redukce nevyváženosti	7
8	Možnost programů pro vyvažování	3
9	Možnost editace kalibračního protokolu dle potřeb	4

Příloha B – Hodnotící formulář 2

V následující tabulce se nachází 9 kritérií, která budou použita pro hodnocení VYVAŽOVACÍHO STROJE (vyvažovačka hřídelí). Rozdělte 100 bodů mezi jednotlivá kritéria, aby celkový součet dal právě hodnotu 100.

Pozice hodnotícího experta – Vedoucí projektových manažerů

	Kritérium	Váha
1	Cena	54
2	Hmotnost vyvažované části	10
3	Délka lože	13
4	Průměr vyvažované části	13
5	Hnací motor	2
6	Nejmenší dosažitelná přesnost vyvažování dle ISO	2
7	Procento redukce nevyváženosti	1
8	Možnost programů pro vyvažování	1
9	Možnost editace kalibračního protokolu dle potřeb	4

Příloha C – Hodnotící formulář 3

V následující tabulce se nachází 9 kritérií, která budou použita pro hodnocení VYVAŽOVACÍHO STROJE (vyvažovačka hřídelí). Rozdělte 100 bodů mezi jednotlivá kritéria, aby celkový součet dal právě hodnotu 100.

Pozice hodnotícího experta – Projektový manažer

	Kritérium	Váha
1	Cena	50
2	Hmotnost vyvažované části	10
3	Délka lože	16
4	Průměr vyvažované části	12
5	Hnací motor	2
6	Nejmenší dosažitelná přesnost vyvažování dle ISO	3
7	Procento redukce nevyváženosti	2
8	Možnost programů pro vyvažování	1
9	Možnost editace kalibračního protokolu dle potřeb	4

Příloha D – Hodnotící formulář 4

V následující tabulce se nachází 9 kritérií, která budou použita pro hodnocení VYVAŽOVACÍHO STROJE (vyvažovačka hřídelí). Rozdělte 100 bodů mezi jednotlivá kritéria, aby celkový součet dal právě hodnotu 100.

Pozice externího hodnotícího experta – Konstruktor

	Kritérium	Váha
1	Cena	47
2	Hmotnost vyvažované části	8
3	Délka lože	14
4	Průměr vyvažované části	12
5	Hnací motor	3
6	Nejmenší dosažitelná přesnost vyvažování dle ISO	3
7	Procento redukce nevyváženosti	6
8	Možnost programů pro vyvažování	3
9	Možnost editace kalibračního protokolu dle potřeb	4

Příloha E – Umístění zařízení

